

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-42726
(P2003-42726A)

(43)公開日 平成15年2月13日(2003.2.13)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 1 B 11/24

識別記号

F I
G 0 1 B 11/24

テ-コ-ト*(参考)
K 2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2001-236120(P2001-236120)

(22)出願日 平成13年8月3日(2001.8.3)

(71)出願人 000220343

株式会社トブコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72)発明者 大谷 仁志

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
ブコン内

(72)発明者 高地 伸夫

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
ブコン内

(74)代理人 100097320

弁理士 宮川 貞二 (外3名)

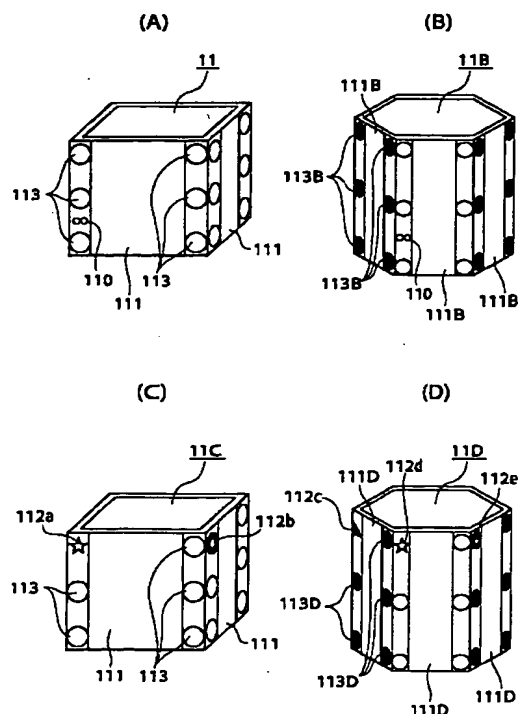
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 校正用被写体

(57)【要約】

【課題】 表面形状測定装置にて遺跡埋蔵物や人体等の測定対象物の表面形状を測定する場合に、撮影する機器の位置決めを厳密に行わなくても、正確に表面形状を測定できるようにする校正用被写体を提供すること。

【解決手段】 ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体(11、11B)であって、三次元測定の原点位置に相当する原点基準点ターゲット110と、複数の撮影方向から撮影された各ステレオ画像に少なくとも6点含まれ10るように配置された基準ターゲット(113、113B)とを備えている。基準ターゲットに対しては、原点基準点ターゲット110を基準とする各基準ターゲットの位置が予め定められている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって；三次元測定の原点位置に相当する原点基準点ターゲットと；複数の撮影方向から撮影された各ステレオ画像に少なくとも6点含まれるように配置された基準ターゲットであって、前記原点基準点ターゲットを基準とする各基準ターゲットの位置が予め定められている基準ターゲットと；を備える校正用被写体。

【請求項2】 ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって；三次元測定のために複数の撮影方向から撮影される場合に、その撮影画像データ中に撮影された基準ターゲットによって撮影の方向が一義的に判別可能なように特徴付けられ、かつ撮影画像中に少なくとも6つの基準ターゲットが含まれるように配置された校正用被写体。

【請求項3】 ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって；前記校正用被写体に設けられた3以上の基準側面をそれぞれ区別する側面基準ターゲットと；前記各基準側面に設けられた少なくとも6個以上の基準ターゲットであって、予め位置が判っている前記基準ターゲットと；を備え、前記ステレオ撮影される測定対象物の表面形状が前記側面基準ターゲットと前記基準ターゲットを用いて測定される校正用被写体。

【請求項4】 ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって；少なくとも2以上の片持ち式アームと；前記片持ち式アームの自由端側の位置を変更可能な状態で、前記片持ち式アームの固定側に設けられる関節部と；前記片持ち式アームの自由端側若しくは固定側に設けられる基準ターゲットと；を備える校正用被写体。

【請求項5】 前記片持ち式アームは；複数の片持ち式アームが前記校正用被写体に対して櫛歯状若しくは樹木状に形成され；個別の片持ち式アームについては一端側が前記校正用被写体若しくは他のアームと結合されると共に、他端側が開放されており；前記片持ち式アームの他端側を前記測定対象物の外観形状に近い形状に変形可能である請求項4に記載の校正用被写体。

【請求項6】 ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって；前記測定対象物の外形と大略同じ程度、若しくは大きなフレームアーム部と；一端が前記フレームアーム部に取付けられ、他端が前記測定対象物の表面側に突出する骨格アーム部と；前記フレームアーム部に設けられる基準ターゲットであって、基準側面を形成する前記基準ターゲットと；前記骨格アーム部に設けられる先端基準ターゲットであって、前記基準側面とは異なる奥行きを形成する前記先端基準ターゲットと；を備え

2

る校正用被写体。

【請求項7】 前記先端基準ターゲットの位置は、前記測定対象物の外観形状に近い形に変位可能に構成されている請求項6に記載の校正用被写体。

【請求項8】 複数の方向からステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって、前記測定対象物の背景近傍に配置され、予め立体的な相対位置関係が定められている基準ターゲットを有し；前記複数の方向からステレオ撮影される際に、前記校正用被写体と前記測定対象物とが相対的に変位することにより、前記複数の方向からステレオ撮影された画像中において、前記基準ターゲットが前記測定対象物の周囲を囲むように配置されるように構成されている校正用被写体。

【請求項9】 前記基準ターゲットは、その形状、色彩、大きさ、模様少なくとも一つにより撮影方向が判別可能に構成された請求項8に記載の校正用被写体。

【請求項10】 前記基準ターゲットは、略球型の形状若しくはレトロレフラクティブ型ターゲットにて構成されている請求項1乃至請求項9の何れかに記載の校正用被写体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、遺跡埋蔵物、人体、車両、機械構造物、土量計測等の表面形状を非接触で三次元的に測定する表面形状測定装置に用いて好適な校正用被写体に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、例えば遺跡埋蔵物の代表例である土器等の表面形状を計測する場合、人が定規等で測りながらスケッチするか、接触式の計測器で土器の表面をなぞるようにして形状を計測していた。さらに、スリット光をあてて撮影したり、レーザー光をあてて計測する非接触式の表面形状測定装置も用いられている。

【0003】 人体の場合も、例えば購買者の体型に合致した服装のサイズを決定するために、洋服販売店では店員が購買者の体格寸法を巻尺で測定している。車両、機械構造物の場合は、設計時の試作品検査、出荷時の製品検査、定期点検における交換部品の交換時期の判定に、表面形状測定装置が利用されている。更に土量計測を行う場合は、決まった器を用意してそこに土量をいれて、土の上をならして計測していた。近年では、光波距離計や超音波距離計等で土の表面の位置を計測したり、GPS (Global Positioning System) を持って土の上を歩いて土量計測する場合もある。また、レーザー等の大掛かりな装置を用いて、光切断法により土量計測を行っている場合もある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、遺跡埋蔵物の表面形状を接触式又は非接触式の表面形状測定装

3

置で計測する場合、従来の装置では設備価格が高騰するという課題があった。

【0005】また、人体の場合も、購買者の体型を店員に測定されることは快く感じない購買者も少なくない。そこで、非接触式の人体の表面形状測定装置を小売店に設置することも考えられるが、購買者のプライバシーの問題と、設備投資額が小売店にとっては高額であるため、普及していないという課題がある。

【0006】また、車両、機械構造物の場合は、表面形状測定装置が大変おおがかりなものとなり、計測にも時10間を要しているという課題がある。特に出荷時の製品検査においては、検査に要する時間が顧客に引き渡す納期に影響するし、定期点検の場合は限られた点検期間内に迅速に測定が行われないと、顧客の設備稼動に重大な影響を与えるという課題があった。

【0007】さらに、土量計測においては、以下のような課題がある。

①土の上をならす場合は、手間がかかると同時に正確さにかける。

②光波距離計や超音波距離計の場合、土の表面全体を計20測することは時間がかかりすぎて實際上採用できないという課題がある。そこで、計測時間を短縮するため、土表面の一部を計測することも行われているが、正確さにかけるという課題がある。

③GPSの場合は、作業者がGPS用受信端末装置を持って歩かなければならないので手間がかかる。

【0008】本発明の目的は、上述する課題を解決したもので、表面形状測定装置にて遺跡埋蔵物や人体等の測定対象物の表面形状を測定する場合に、撮影する機器の位置決めを厳密に行わなくても、正確に表面形状を測定30できるようにする校正用被写体を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する第1の発明の校正用被写体は、例えば図1(A)、(B)に示すように、ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体(11、11B)であって、三次元測定の原点位置に相当する原点基準点ターゲット110と、複数の撮影方向から撮影された各ステレオ画像に少なくとも6点含まれるように配置された基準ターゲット(113、113B)と40を備えている。基準ターゲットに対しては、原点基準点ターゲット110を基準とする各基準ターゲットの位置が予め定められている。

【0010】好ましくは、基準ターゲットは、形状、色彩、大きさ、模様などにより原点基準点ターゲットと区別される態様であるといふ。第1の発明の校正用被写体によれば、原点基準点ターゲットを基準とする各基準ターゲットの位置が予め定められているので、測定対象物をステレオ撮影した画像であって且つ偏位修正処理されたステレオ画像から、測定対象物の表面形状が測定しや50

4

すくなる。ここで、ステレオ撮影による測定対象物の表面形状測定の原理を簡単に説明すると次のようになる。校正用被写体をステレオ撮影した画像では、基準ターゲットが立体視できるように偏位修正されるが、この際にステレオ撮影した光学系による画像を偏位修正するための撮影パラメータが求められる。そこで、校正用被写体をステレオ撮影した光学系と同一の配置で測定対象物を撮影した場合には、校正用被写体にて求めた撮影パラメータを用いて、測定対象物のステレオ撮影した画像も偏位修正されて、立体視できる状態となる。

【0011】上記目的を達成する第2の発明の校正用被写体は、例えば図1(C)、(D)に示すように、ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体(11C、11D)であって、三次元測定のために複数の撮影方向から撮影される場合に、その撮影画像データ中に撮影された基準ターゲット(112a、112b、113; 112c、112d、112e、113D)によって撮影の方向が一義的に判別可能なように特徴付けられ、かつ撮影画像中に少なくとも6つの基準ターゲットが含まれるように配置されている。

【0012】上記目的を達成する第3の発明の校正用被写体は、例えば図1(C)、(D)に示すように、ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体(11C、11D)であって、校正用被写体(11C、11D)に設けられた3以上の基準側面(111、111D)をそれぞれ区別する側面基準ターゲット(112a、112b; 112c、112d、112e)と、各基準側面(111、111D)に設けられた少なくとも6個以上の基準ターゲット(113、113D)であって、予め位置が判っている前記基準ターゲットとを備えている。そして、ステレオ撮影される測定対象物の表面形状が側面基準ターゲット(112a、112b; 112c、112d、112e)と基準ターゲット(113、113D)を用いて測定される。

【0013】第3の発明の校正用被写体によれば、側面基準ターゲットにより基準側面を区別することができるので、測定対象物をステレオ撮影した画像であって且つ偏位修正処理されたステレオ画像から、測定対象物の表面形状が測定しやすくなる。好ましくは、校正用被写体として原点基準点ターゲット、側面基準ターゲット、基準ターゲット等が付されたフレーム体を用いると、校正用被写体が測定対象物の影になりにくいため、ステレオ撮影方向を測定対象物の3方向以上とする場合の撮影作業が円滑に行われる。

【0014】上記目的を達成する第4の発明の校正用被写体は、例えば図16に示すように、ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体15であって、少なくとも2以上の

5

片持ち式アーム155と、片持ち式アーム155の自由端側の位置を変更可能な状態で、片持ち式アーム155の固定側に設けられる関節部と、片持ち式アーム155の自由端側若しくは固定側に設けられる基準ターゲット(153、156)を備えている。

【0015】好ましくは、図17、図18に示すように、片持ち式アームは、複数の片持ち式アームが前記校正用被写体に対して櫛歯状若しくは樹木状に形成され、個別の片持ち式アームについては一端側が前記校正用被写体若しくは他のアームと結合され、他端側が開放された形状となっている。そして、片持ち式アームの他端側を前記測定対象物の外観形状に近い形に変形可能とする構成とする。変形には、例えば片持ち式アームの一端側に設けられる関節部の機能を用いる。

【0016】上記目的を達成する第5の発明の校正用被写体は、図16に示すように、ステレオ撮影される測定対象物1の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体15であって、測定対象物1の外形と大略同じ程度、若しくは大きなフレームアーム部152と、一端がフレームアーム部152に取付けられ、他端20が測定対象物1の表面側に突出する骨格アーム部155と、フレームアーム部152に設けられる基準ターゲット153であって、基準側面151を形成する基準ターゲット153と、骨格アーム部155に設けられる先端基準ターゲット156であって、基準側面151とは異なる奥行きを形成する先端基準ターゲット156を備えている。

【0017】好ましくは、図16に示すように、先端基準ターゲット156の位置は、測定対象物1の外観形状に近い形に変位可能に構成されているとよい。

【0018】上記目的を達成する第6の発明の校正用被写体は、図11に示すように、複数の方向からステレオ撮影される測定対象物1の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体11Fであって、測定対象物1の背景近傍に配置され、予め立体的な相対位置関係が定められている基準ターゲット(113F、113H)を有している。そして、図13に示すように、複数の方向からステレオ撮影される際に、校正用被写体11Fと測定対象物1とが相対的に変位することにより、前記複数の方向からステレオ撮影された画像中において、40基準ターゲット(113F、113H)が測定対象物1の周囲を囲むように配置されるように構成されている。

【0019】好ましくは、基準ターゲット(113F、113H)は、その形状、色彩、大きさ、模様の少なくとも一つにより撮影方向が判別可能に構成されている。また、基準ターゲットは、略球型の形状若しくはレトロレフラクティブ型ターゲットにて構成されているとよい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下図面を用いて本発明を説明す 50

6

る。図1は本発明の第1の実施の形態を説明する校正用被写体の構成斜視図で、(A)は校正用被写体が断面矩形状の筒体、(B)は断面六角形の筒体、(C)は断面矩形状の筒体における他の態様、(D)は断面六角形の筒体における他の態様を示してある。断面矩形状の筒体の場合は、図1(A)に示すように、校正用被写体11に4個の基準側面111が設けられている。各基準側面111には少なくとも6箇所に基準ターゲットとしての基準点マーク113が形成してある。一平面の姿勢や座標を決定するには、少なくとも6箇所の既知点が必要なためである。

【0021】原点基準点マーク110は、三次元測定の原点位置Oを示すもので、基準点マーク113と区別できるような態様の記号、例えば『∞』や『∞』を用いるとよい。基準点マーク113は、例えば黒地に白のマークや白地に黒のマーク、あるいはレトロレフラクティブ・ターゲットのように反射するマークで、基準点マーク113の印刷されたシールを各基準側面111に貼付してもよく、また各基準側面111に直接基準点マーク113を印刷してもよい。原点基準点マーク110を原点として、各基準点マーク113の位置が三次元座標系xyzによって記述される。

【0022】断面六角形の筒体の場合は、図1(B)に示すように、校正用被写体11Bに6個の基準側面111Bが設けられている。各基準側面111Bには、少なくとも6箇所に基準点マーク113Bが形成されており、一平面の姿勢や座標を決定するのに必要な情報が確保してある。

【0023】また、校正用被写体11に設けられる各基準側面111を区別する為に、直接基準点マーク113の他に各基準側面111に側面基準ターゲット112を形成しても良い。ここでは、側面基準ターゲット112は、校正用被写体11に設けられる各基準側面111を区別する機能に加えて、基準点マーク113としての機能も兼務している。断面矩形状の筒体の場合は、図1

(C)に示すように、各基準側面111に、5箇所の基準点マーク113と1箇所の側面基準ターゲット112a、112bが形成してある。断面六角形の筒体の場合は、図1(D)に示すように、校正用被写体11Dに6個の基準側面111Dが設けられている。各基準側面111Dには、5箇所の基準点マーク113Dと1箇所の側面基準ターゲット112c、112d、112eが形成してある。

【0024】なお、図1(C)、(D)では、校正用被写体11の各基準側面111ごとに異なる側面基準ターゲット112を1つ配置しているものを例示しているが、各基準側面111の基準点マーク113に全部又は一部に側面基準ターゲット112と同一のマークを用いても良い。また、側面基準ターゲット112としては、マークの大きさを異なるものとしたり、色を変えても良

7

い。また、各基準側面111ごとの色を変えることで、校正用被写体11に設けられる各基準側面111を区別してもよい。

【0025】図2は校正用被写体に形成される基準点マークと側面基準ターゲットの説明図で、(A)は基準点マーク、(B)は側面基準ターゲットを示している。基準点マークには、例えば交差するストライクマーク(A1)、白抜き円形(A2)、黒塗り円形(A3)のような基準点の三次元的な位置が明確に把握できる模様、図形、記号等を用いる。側面基準ターゲットは、校正用被写体11に設けられる各基準側面111を区別する為に用いられるもので、六角形(B1)、白十字(B2)、ひし形(B3)、数字1(B4)、数字2(B5)、数字3(B6)、黒塗り四角(B7)、斜線四角(B8)、格子状四角(B9)等の模様、図形、記号等を用いる。

【0026】なお、基準点マーク113と側面基準ターゲット112を、球や半球状のような立体的な対称性の高い形状としてもよい。各基準点マーク113と側面基準ターゲット112に球や半球状のような立体的な対称性の高い形状とすることで、球の画像が撮影の位置によらず常に円や半円に写るので、検出精度の安定、向上がはかれる。また、球形状とした場合は、接触型の三次元測定器であらかじめ校正用被写体11を値付けする際も、その三次元座標が正確にもとめやすいという利点がある。

【0027】校正用被写体11での基準点マーク113の位置は、予め精密な機器により三次元座標系を用いて計測しておく。図3は基準点マークの位置を記述する三次元座標系xyzの説明図である。三次元座標系xyzは、校正用被写体11が断面矩形のフレーム体の場合には、任意の基準側面111を基準面として、校正用被写体11全体の基準点マーク113の座標を決定する。例えば、任意の基準側面111を0°方向としてxz平面を割当て、他の3個の基準側面111をそれぞれ90°、180°、270°方向として区別する。そして、90°、270°方向の基準側面111にはzy平面を割当て、180°方向の基準側面111にはxz平面を割当てる。

【0028】本実施の形態では、校正用被写体11の各基準側面111においてステレオ撮影を行なうため、基準側面111の数の分ステレオ撮影を行なうことになる。ステレオ撮影する方向は、概ね各基準側面111の法線方向と一致させるのがよい。従って、測定対象物1の全周面を分割する面数によって、校正用被写体11の基準側面111の面数を決めるのが良い。測定対象物1を詳細に計測したければ、校正用被写体11の基準側面111の分割面数を多くする。例えば図1(B)のように、校正用被写体11の基準側面111の面数を6面とする。

8

【0029】図4は校正用被写体を用いた測定対象物の表面形状測定装置の一例を示す構成ブロック図である。図において、測定対象物1は遺跡埋蔵物、人体、車両、機械構造物等の表面形状や模様を非接触で三次元的に測定する対象物である。校正用被写体11は、予め立体的な相対的な位置関係が定められている基準点としての基準点マークを有するもので、詳細は後で説明する。テーブル2は測定対象物1と校正用被写体11を同時に設置する台で、ステージでもよい。

【0030】相対位置変更部4は、テーブル2を θ 方向に回転させる機構を有しており、モータのような回転駆動部41、回転駆動部41の駆動力によりテーブル2を回転させるテーブル回転軸42、ステレオ撮影部連結棒43を備えている。ステレオ撮影部連結棒43は、テーブル2とステレオ撮影ユニット9との間隔dを一定値に保持すると共に、撮像装置取付体91に取付けられた2台の撮像装置9R、9Lがテーブル2方向を向く姿勢に保持している。なお、回転駆動部41はテーブル2を数度の精度で位置決めできる駆動力があれば良いので、作業によって回転されるハンドルや取手でもよい。

【0031】ステレオ撮影ユニット9は、CCD(Charge-coupled Devices)、デジタルカメラ、写真フィルム式カメラ等の2台の撮像装置9R、9Lが、例えば撮像装置取付体としての棒体91に間隔1にて取付けられている。2台の撮像装置9R、9Lの光軸は、測定対象物1に対して大略平行になるように調整されている。ステレオ撮影ユニット9が測定対象物1を撮影する方向 θ は、テーブル回転軸42に設けられた回転角度センサの測定信号として撮影パラメータ演算手段5と表面形状測定手段6に送られたり、或いはステレオ撮影画像データに撮影角度情報として紐付けされる。

【0032】ステレオ撮影制御部7は、回転駆動部41により測定対象物1の載置されたテーブル2を回転させて、測定対象物1をステレオ撮影ユニット9により複数の方向から撮像させるもので、例えばPLC(プログラマブル・ロジック・コントローラ)が使用される。

【0033】撮影パラメータ演算手段5は、ステレオ撮影ユニット9にてステレオ撮影された各ステレオ撮影方向の撮影画像データから校正用被写体11の基準点の像を抽出して、基準点の位置からステレオ撮影する方向毎の撮影パラメータを求めるものである。なお、撮影パラメータとは、ステレオ撮影ユニット9で撮影された画像であって、右撮影方向と左撮影方向の一組のステレオ撮影された画像を偏位修正して、立体視できるように調整するためのパラメータを言い、ステレオ撮影ユニット9の基線長、撮影位置、傾きが相当する。

【0034】表面形状測定手段6は、撮影パラメータ演算手段5で求めた撮影パラメータと、撮影パラメータを求めた撮影画像データにおいて、校正用被写体11の基準点の像と共に撮影された測定対象物1の像位置から、

9

測定対象物1の表面形状を求めるものである。図5は測定対象物と校正用被写体をステレオ撮影した一対の画像の説明図で、(A)は左撮影方向、(B)は右撮影方向を示している。図5に示すように、ステレオ撮影した左撮影方向と右撮影方向の一組のステレオ撮影された画像には、測定対象物と校正用被写体が同時に写っているので、校正用被写体11から求めた撮影パラメータは測定対象物1の画像にも適用できる。

【0035】表面形状測定手段6における測定対象物1の表面形状測定は、航空写真測量等で使用されるステレオ画像による表面形状の凸凹測定の演算手法が用いられる。ここでステレオ画像とは、ステレオ撮影ユニット9で撮影された右撮影方向と左撮影方向の一組のステレオ撮影された画像を偏位修正して、立体視できるように調整したものをいう。表面形状測定手段6では、測定対象物1の特徴点を抽出して、この特徴点の位置を求め、求められた特徴点の位置を基準に測定対象物1の全体的な表面形状を測定するとよい。

【0036】表示／図化部8は、表面形状測定手段6で測定された測定対象物1の表面形状を表示するCRTや液晶等の表示装置や、紙面に図形を描くプロッタやプリンタ、並びに立体的な印象データを取得するデジタル図化機等が用いられる。表示／図化部8としては、ステレオ視可能なステレオモニタとしてもよい。ステレオモニタを用いると、実際の測定対象物1を立体画像にて再現できるだけでなく、画像を見ながら計測や図化といったことが容易にできるようになる。なお、撮影パラメータ演算手段5、表面形状測定手段6、表示／図化部8はデジタル図化機あるいはパソコンの中に構成することもできる。

【0037】このように構成された装置における測定対象物1の表面形状測定を次に説明する。図6は図4の装置を用いた測定対象物の計測手順の全体を概括的に説明するフローチャートである。最初に、測定対象物1と校正用被写体11をテーブル2に置く(S1)。この際に、校正用被写体11によって測定対象物1が影になるのを防止する適宜の場所に置く。次に、ステレオ撮影ユニット9によって校正用被写体11の各基準側面111に対してステレオ撮影する(S2)。

【0038】ステレオ撮影する角度を変更するために、ステレオ撮影制御部7によりテーブル2を回転させて、ステレオ撮影ユニット9が撮影する方向が所定の角度、例えば校正用被写体11が断面矩形の筒体の場合には0°、90°、180°、270°の4方向となるようにする。この場合、校正用被写体11によって測定対象物1が影となるのであれば、テーブル2上で校正用被写体11を移動させて、校正用被写体11によって測定対象物1が影になるのを防ぐ。各基準側面111につきステレオ撮影を行うので、図1(A)に示す断面矩形の筒体の場合であれば、撮像装置9R、9Lによる撮影枚数は50

10

モノラル画像として総計8枚となる。また、図1(B)に示す断面六角形の筒体の場合であれば、撮像装置9R、9Lによる撮影枚数はモノラル画像として総計12枚となる。

【0039】次に、各ステレオ撮影方向にてステレオ撮影された画像に対して、校正用被写体11の基準点から求めた撮影パラメータを適用して、測定対象物1のステレオ画像に対して三次元計測処理を行う(S3)。そして、測定対象物1の三次元計測結果より画像成果物を作成する(S4)。例えば、等高線画像、鳥瞰図、断面図、正射画像等が作成される。

【0040】三次元計測結果を図化する場合、三次元計測により作成した測定対象物1の正射投影画像により図化を行なう(S5)。レンズにより撮影した画像は、被写体をレンズの主点から撮影しているので、中心投影となっていて像に歪がある。これに対して正射投影画像は、被写体を無限遠に位置するレンズにて平行投影とした画像で、地図のように、画像そのものに正確な被写体の寸法が現れている。もし図化しないのであれば、このS5を飛び越しても良い。そして、測定対象物1の三次元計測結果をデータとして出力する(S6)。データ出力は、成果品を図面として、プリンタ等で印刷したり、DXFデータとしてファイル出力しても良く、その場合、他のCADにわたして処理を行なってもよい。

【0041】次に、S3の三次元計測処理について、図7のフローチャートに従って詳細に説明する。まず、ステレオ撮影ユニット9により各ステレオ撮影方向にてステレオ撮影された画像データのすべてを、撮影パラメータ演算手段5、表面形状測定手段6に撮影画像データとして読み込ませる(S10)。次に、読込んだ各撮影画像データと校正用被写体11の各基準側面111との対応付けを行う(S20)。なお、単一の基準側面111の計測・図化の場合、S20の処理は必要ない。S20の処理を作業員の手作業で行う場合は、表示／図化部8に画像を表示させて手動にてステレオペアを決める。その際に、側面基準ターゲット112の形状や模様、あるいは色等の特徴が有用である。

【0042】S20の処理は、画像処理にて自動で行うのに適している。すなわち、各基準側面111における側面基準ターゲット112を画像処理により識別させる。例えば、各基準側面111における側面基準ターゲット112画像をテンプレート画像として、画像相関処理によりどのマークかを識別させる。画像相関処理には、残差逐次検定法(SSDA法)や正規化相関法等を用いる。この場合は、正規化相関処理を用いればより確実にもとまる。正規化相関法の場合、結果として一番相関係数の高かったテンプレートを、対応する基準側面111とする。また、側面基準ターゲット112の識別は画像相関法ではなく、特徴抽出によるものや、その他のパターン識別手法を用いても良い。

11

【0043】次に、各基準側面111におけるのステレオペアを決定する(S30)。この場合、作業者が表示／図化部8で表示確認を行いながら決定すると、機械的にパターン認識手法を適用する場合の過誤が排除できる。この場合、左右画像の識別は撮影時に左→右と撮影順番を決めておくことと簡単である。

【0044】続いて、単一の基準側面111におけるステレオペアの画像2枚分について、側面基準ターゲット112や基準点マーク113の重心位置検出を行なう

(S40)。なお、側面基準ターゲット112や基準点113は、単にターゲットとも呼ばれる。各基準点マーク位置は、例えば相関法により概略その位置を検出し、さらに正確に重心位置を算出する。最初から正確に位置検出を行ってもよいが、その場合演算処理に多大な時間を要する。

【0045】次に、2枚の画像の重心位置検出された基準点マークと、あらかじめ座標を精密に計測してある基準点マークの対応づけを行なう(S50)。例えば基準点マークが6点の場合は、その基準側面111上の6点のみ対応づけする。基準点マークの位置はあらかじめわかっているため、どの位置に撮影されているかは、あらかじめ予測可能となる。また、各基準点マークが他の基準点マークと異なっていれば、より対応づけが明確になる。

【0046】次に標定計算を行い、校正用被写体11の座標系を基準として、撮影した各撮像装置9R、9Lの三次元位置、傾き、カメラ間距離(基線長:1)等の撮影パラメータを求める(S60)。

【0047】続いて、求められた撮影パラメータから、実際の測定対象物1のステレオ画像を偏位修正処理し、30立体視可能な画像に再構成する(S70)。偏位修正画像とは、各画像の縦視差が除去され(水平ラインが等しい)、各画像の歪が除去された画像である。偏位修正処理により、左右の画像の縦視差が除去され、水平ラインが等しくなり、各画像の歪が除去された偏位修正画像が得られる。

【0048】次に、測定対象物1の各測定面において、測定対象物1の輪郭、特徴点を計測する(S80)。なお、測定対象物1の各測定面は、校正用被写体11の各基準側面111と密接に関連している。測定対象物1の40輪郭や特徴点の計測は、表示／図化部8のステレオ画像の表示画像を見ながらマウス等で左右画像の対応点を指示することで行なう。S80の計測処理は、各画像の撮影パラメータより、測定対象物1に平行な偏位修正画像が作成できているので、左右画像の対応点を指定するだけで、ステレオ法の原理からその位置の三次元座標が求まる。

【0049】続いて、自動計測(ステレオマッチング)を行なう(S90)。ステレオマッチング処理には、正規化相関処理を用いたエリアベースのマッチングを利用 50

12

する。また、S80で特徴点を計測してあれば、それら情報も利用する。これにより対象物表面の密な三次元座標を取得することが可能となる。

【0050】自動計測によって算出された対応点座標により、その位置の三次元座標が算出される。そして、測定対象物1の各測定面におけるステレオペアの処理がすべて終了したら終了する(S100)。終了していなかったら、S40～S90までの処理を測定対象物1の各測定面のステレオペア画像について処理を施す。

【0051】これら計測された三次元座標によって、画像成果物作成が可能となる。画像成果物は、三次元座標値を元に作成されるため、三次元座標値が多ければ多いほど正確な画像成果物が作成できる。また、各測定面における座標系は校正用被写体11の座標系なので、そのまま測定対象物1の各測定面の画像を統合するだけで、測定対象物1を全周からみた画像が作成される。

【0052】なお、S20とS30は、図7に示した処理でも良いが、回転駆動部41に角度検出機構を設けることにより、S20の各画像と測定面の対応を行う処理は、画像処理をせずとも回転角 θ によって測定面の対応を判定することが可能となる。また、S30のステレオペア決定において、測定対象物1の各測定面において撮影順番を例えば左→右画像、と決めておけば校正用被写体11に側面基準ターゲット112が設けられていなくとも処理可能である。但し、校正用被写体11に側面基準ターゲット112を設けておけば、基準側面111の認識が確実に行われる。

【0053】図8は校正用被写体の第2の実施の形態を説明する構成斜視図で、(A)は校正用被写体が断面矩形のフレーム体、(B)は断面六角形のフレーム体、

(C)は断面矩形のフレーム体における他の態様、

(D)は断面六角形のフレーム体における他の態様を示してある。校正用被写体11をフレーム型校正用被写体12としているのは、各撮影方向となる各側面方向から撮影、計測、図化する場合、校正用被写体11によって測定対象物1の表面がさえぎられずに写るようにするためである。フレーム型校正用被写体12は、ステレオ画像に偏位修正する際に基準となる座標系を定めると共に、ステレオ撮影する2台の撮像装置の位置、傾きを求めるために使用する。フレーム型校正用被写体12の大きさは測定対象物より若干大きいのが望ましく、ステレオ画像に偏位修正する際の精度が良くなる。

【0054】図8(A)に示すように、断面矩形のフレーム体の場合は、フレーム型校正用被写体12に4個の基準側面121が設けられている。各基準側面121には、フレームに沿って少なくとも6箇所に基準点マーク123が形成されている。一平面の姿勢や座標を決定するには、少なくとも6箇所の既知点が必要なためである。基準点マーク123は、例えば黒地に白のマークや白地に黒のマーク、あるいはレトロレフラクティブ・タ

13

ーゲットのように反射するマークで、基準点マーク123の印刷されたシールを各基準側面121に貼付してもよく、また各基準側面121に直接基準点マーク123を印刷してもよい。

【0055】図8(B)に示すように、断面六角形のフレーム体の場合、フレーム型校正用被写体12Bに6個の基準側面121Bが設けられている。各基準側面121Bには、少なくとも6箇所に基準点マーク123Bが形成されており、一平面の姿勢や座標を決定するのに必要な情報が確保してある。

【0056】また、フレーム型校正用被写体12に設けられる各基準側面121を区別する為に、直接基準点マーク123の他に各基準側面121に側面基準ターゲット122を形成しても良い。ここでは、側面基準ターゲット122は、フレーム型校正用被写体12に設けられる各基準側面121を区別する機能に加えて、基準点マーク123としての機能も兼務している。断面矩形のフレーム体の場合、図8(C)に示すように、各基準側面121に、5箇所の基準点マーク123と1箇所の側面基準ターゲット122a、122bが形成してある。20 断面六角形のフレーム体の場合、図8(D)に示すように、フレーム型校正用被写体12Dに6個の基準側面121Dが設けられている。各基準側面121Dには、5箇所の基準点マーク123Bと1箇所の側面基準ターゲット122c、122d、122eが形成してある。

【0057】なお、図8(C)、(D)では、フレーム型校正用被写体12の各基準側面121ごとに異なる側面基準ターゲット122を1つ配置しているものを例示しているが、各基準側面121の基準点マーク123に全部又は一部に側面基準ターゲット122と同一のマークを用いても良い。また、側面基準ターゲット122としては、マークの大きさを異なるものとしたり、色を変えても良い。また、各基準側面121ごとの色を変えることで、フレーム型校正用被写体12に設けられる各基準側面121を区別してもよい。

【0058】図9は、図8の校正用被写体を用いた測定対象物の表面形状測定装置の一例を示す構成ブロック図である。図4においては、校正用被写体11と測定対象物1を同じテーブル2に並べて置いて、ステレオ撮影ユニット9にて撮影していた。そこで、ステレオ撮影ユニ40 ャット9の撮影方向によっては、校正用被写体11によって測定対象物1が影となり、テーブル2上での校正用被写体11と測定対象物1の配置を影にならないように再配置する必要があった。測定対象物1が影になると、ステレオ撮影ユニット9の撮影した画像に測定対象物1の表面が写らなくなり、表面形状の測定ができなくなる性質がある。

【0059】これに対して、フレーム型校正用被写体12を用いると、何れの撮影方向からでも測定対象物1の表面が遮られずにステレオ撮影ユニット9にて撮影でき50

14

る。そこで、ステレオ撮影ユニット9が何れの撮影方向から撮影しても、テーブル2上での校正用被写体11と測定対象物1の配置を再配置する必要がなくなり、撮影作業が円滑に行える。

【0060】図10は、第3の実施の形態における校正用被写体を用いた測定対象物の表面形状測定装置の一例を示す構成ブロック図である。図4並びに図9においては、テーブル2の上に測定対象物1と校正用被写体11が同時に載置される場合を示しているが、測定対象物1を多様な撮影方向から撮影する場合には、測定対象物1が校正用被写体11の影になったり、或いは撮影方向を変更するたびに校正用被写体11の設置位置を変更する必要があった。

【0061】第3の実施の形態における校正用被写体11は、立体型校正用被写体11Eであって、単一の基準側面111Eについて三次元基準点マーク113Eが少なくとも6個設けられている。三次元基準点マーク113Eは、単一の基準側面111Eに対してそれぞれ異なる高さの凸凹基準点マークである。

【0062】図10において、相対位置変更部4として、回転駆動部41、テーブル回転軸42、並びにステレオ撮影部・校正体連結棒47を備えている。ステレオ撮影部・校正体連結棒47は、テーブル2とステレオ撮影ユニット9との間隔dを一定値に保持し、テーブル2と立体型校正用被写体11Eとの間隔d1を一定値に保持すると共に、撮像装置取付体91に取付けられた2台の撮像装置9R、9Lがテーブル2方向を向く姿勢に保持している。

【0063】このように構成された装置において、相対位置変更部4により測定対象物1を載せたテーブル2がぐ方向に回転しても、ステレオ撮影ユニット9の撮影する画像には、測定対象物1の背景として立体型校正用被写体11Eの正面が常に写される。この場合、測定対象物1を撮影する方向が何れの場合であっても、立体型校正用被写体11Eの正面がステレオ撮影ユニット9の撮影する画像に撮影される。従って、立体型校正用被写体11Eでは、単一の基準側面111について三次元基準点マーク113Eが設けられているが、相対位置変更部4により測定対象物1を載せたテーブル2がぐ方向に回転させると、三次元基準点マーク113Eは、測定対象物1を仮想的に囲むようにして配置されたのと同様となる。

【0064】即ち、ステレオ撮影制御部7によりテーブル2を例えば0°、90°、180°、270°と回転させて測定対象物1を4方向から撮影した場合、ステレオ撮影ユニット9の撮影した画像に写る立体型校正用被写体11Eは、実質的に図8(A)に示すようなフレーム型校正用被写体12を載せて撮影したのと同等になる。また、ステレオ撮影制御部7によりテーブル2を例えば0°、60°、120°、180°、240°、3

15

0°と回転させて測定対象物1を6方向から撮影した場合、ステレオ撮影ユニット9の撮影した画像に写る立体型校正用被写体11Eは、実質的に図8(B)に示すようなフレーム型校正用被写体12を載せて撮影したのと同等になる。

【0065】図11は図10の実施の形態に用いられる第4の実施の形態における校正用被写体を示す平面図である。図10の実施の形態に用いられる立体型校正用被写体11Eとしては、単一の基準側面方向が計測可能であれば充分なので、屏風型校正用被写体11Fとしても10よい。屏風型校正用被写体11Fは、中央の基準側面111Fと、この基準側面111Fの左右に設けられた傾斜側面111Hを有している。基準側面111Fには、基準点マーク113Fが6個配置されている。左右の傾斜側面111Hには、それぞれ基準点マーク113Hが3個配置されている。基準点マーク113Fを基準とすると、基準点マーク113Hは3次元状に突き出した形状となっている。

【0066】図12は屏風型校正用被写体を用いた測定対象物の画像を説明する図である。ステレオ撮影ユニット9が撮影する撮影画像データには、測定対象物1と屏風型校正用被写体11Fが同時に写っている。屏風型校正用被写体11Fは段差のある基準点マーク113Fと基準点マーク113Hを有しているため、測定対象物1の正面形状ばかりでなく、側面形状も計測可能となる。

【0067】図13は第4の実施の形態における屏風型校正用被写体の等価フレーム体を説明する斜視図である。第4の実施の形態において、立体型校正用被写体11Eに代えて屏風型校正用被写体11Fをテーブル2に置く。そして、テーブル2を例えば0°、90°、180°、270°と回転させて測定対象物1を4方向から撮影した場合、ステレオ撮影ユニット9の撮影した画像に写る屏風型校正用被写体11Fは、実質的に図13に示すような校正用被写体11Gとして断面星形のフレーム体を載せて撮影したのと同等になる。

【0068】図14は校正用被写体の第5の実施の形態を説明する図で、(A)は斜視図、(B)は正面図を示している。校正用被写体として、奥行き一段型校正用被写体13を用いている。奥行き一段型校正用被写体13では、基準側面131について4個の基準点マーク133Aが設けられている。傾斜面134は基準側面131の左右の両側に設けられたもので、縁側の上下端には各2個の基準点マーク133Bが設けられている。ここでは、図1(A)の断面矩形の筒体型校正用被写体11を基本形とすると、四隅の基準点マーク133Bに対して中央の基準点マーク133Aは奥行き一段の基準側面131を代表している。

【0069】図15は校正用被写体の第6の実施の形態を説明する図で、(A)は斜視図、(B)は正面図を示している。校正用被写体として、奥行き二段型校正用被

16

写体14を用いている。奥行き二段型校正用被写体14では、基準側面141について6個の基準点マーク143Aが設けられている。第1傾斜面144は基準側面141の左右の両側に設けられたもので、縁側の上下端には各3個の基準点マーク143Bが設けられている。第2傾斜面144Bは左右の第1傾斜面144の縁側に延設されたもので、縁側の上下端には各3個の基準点マーク143Cが設けられている。

【0070】ここでは、図1(A)の断面矩形の筒体型校正用被写体11を基本形と見なして説明する。四隅の基準点マーク143Cに対して、中段の基準点マーク143Bは奥行き一段の第1傾斜面144縁部を代表している。また、四隅の基準点マーク143Cに対して、中央の基準点マーク143Aは奥行き二段の基準側面141を代表している。なお、可能であれば、もっと奥行き方向を増やして、基準点マーク143を増設してもよい。第5及び第6の実施の形態のように、奥行き方向の基準点マークを増設することで、座標系の奥行き方向の精度の向上と安定を図ることが可能となる。

【0071】なお、基準点マークの総数は単一の撮影方向に対して6個あればよい。そこで、第5の実施の形態である図14(B)の場合は基準点マーク133A、113Bの総個数が8個となる。また、第6の実施の形態である図15(B)の場合は基準点マーク133A、113B、113Cの総個数が18個となる。このように基準点マークの数が多ければ、それだけ正確に表面形状の測定ができる。

【0072】図16は校正用被写体の第7の実施の形態を説明する図である。ここでは、図8(A)の断面矩形のフレーム型校正用被写体12を基本形と見なして、アーム型校正用被写体15を説明する。アーム型校正用被写体15は、測定対象物1の外形と大略同じ程度、若しくは大きなフレームアーム部152を有している。基準側面151は、フレームアーム部152によって縁が形成されていると共に、フレームアーム部152の端部若しくは中間点に設けられた6個の基準ターゲットとしての基準点マーク153を有している。

【0073】片持ち式アームとしての骨格アーム部155は、一端がフレームアーム部152の基準点マーク153を付した位置に取り付けられ、他端が測定対象物1の表面側に突出している。先端基準ターゲット156は、骨格アーム部155の先端に形成されるもので、基準側面151とは異なる奥行きの位置を形成している。先端基準ターゲット156の位置は骨格アーム部155の先端の変位によって移動できるように、骨格アーム部155のフレームアーム部152側に関節機構を有している。

【0074】このように構成された装置においては、先端基準ターゲット156の位置を、測定対象物1の形状に倣うように、骨格アーム部155によって変位させ

17

る。先端基準ターゲット156の位置を測定対象物1の表面近傍に設置することで、座標系の精度を安定かつ向上させることが可能である。

【0075】図17は校正用被写体の第8の実施の形態を説明する図である。基準側面161は、筒体型校正用被写体11又はフレーム型校正用被写体12の任意の基準側面である。骨格アーム部165A～Eは、一端が基準側面161を構成するフレームアーム部に取付けられ、他端に先端基準ターゲット166A～Eが設けられたものである。骨格アーム部165A～Eは、それぞれ固有の長さを有している。そこで、先端基準ターゲット166A～Eの高さと位置も、骨格アーム部165A～Eの長さを適宜に選択することで様々に配置することができる。好ましくは、骨格アーム部165A～Eのフレームアーム部に関節機構を設けると、先端基準ターゲット166A～Eの位置をさらに多様に配置できる。

【0076】このように構成された装置においては、基準側面161を、測定対象物1の撮影方向に即した形状とし、その方向からの先端基準ターゲット166A～Eの配置を明確にしておくことが良い。例えば、図1(A)の20タイプなら矩形、図1(B)のタイプとするなら六角形といったような基準側面161の形状にし、各撮影方向における基準点配置を明確にしておけば、撮影の際の方向(側面)、回転角度が明確になる。

【0077】図18は校正用被写体の第9の実施の形態を説明する図である。基準側面171は、筒体型校正用被写体11又はフレーム型校正用被写体12の任意の基準側面である。アーム175A～Iは樹木状に接合されている。即ち、アーム175AがT字型の幹であり、一端が基準側面171を構成するフレームアーム部に取付けられている。アーム175AのT字型の幹から主幹として片持ち式アーム175Bと片持ち式アーム175Gが分岐している。

【0078】一方の主幹である片持ち式アーム175Bでは、その中間から片持ち式アーム175Cが分岐している。片持ち式アーム175Cは、先端にて片持ち式アーム175Dと片持ち式アーム175Eを分岐している。片持ち式アーム175Eは短い片持ち式アーム175Fを分岐している。他方の主幹である片持ち式アーム175Gの中間から片持ち式アーム175Hが分岐し、40先端では片持ち式アーム175Iが分岐している。

【0079】分岐基準ターゲット176Aは、T字型のアーム175Aの片持ち式アーム175B分岐位置に設けられたものである。先端基準ターゲット176Bは片持ち式アーム175Bの先端に設けられている。先端基準ターゲット176Kは、片持ち式アーム175Bの片持ち式アーム175C分岐位置に設けられたものである。分岐基準ターゲット176Cは、片持ち式アーム175Cの片持ち式アーム175D分岐位置に設けられたものである。先端基準ターゲット176D、176Fは50

18

片持ち式アーム175D、175Fの先端に設けられている。分岐基準ターゲット176Eは、片持ち式アーム175Eの片持ち式アーム175F分岐位置に設けられたものである。

【0080】分岐基準ターゲット176Jは、T字型のアーム175Aの片持ち式アーム175G分岐位置に設けられたものである。先端基準ターゲット176Gは片持ち式アーム175Gの先端に設けられている。分岐基準ターゲット176Lは、片持ち式アーム175Gの片持ち式アーム175H分岐位置に設けられたものである。分岐基準ターゲット176Hは、片持ち式アーム175Hの片持ち式アーム175I分岐位置に設けられたものである。先端基準ターゲット176Iは片持ち式アーム175Iの先端に設けられている。

【0081】なお、分岐位置に位置する分岐基準ターゲット176A、176K、176C、176E、176J、176L、176Hは関節機構も有しており、固定側のアームを基準として分岐側のアームの姿勢を変更することができる。そこで、片持ち式アーム175B～Iは測定対象物1の表面形状に適合するように、変形可能となっている。従って、先端基準ターゲット、分岐基準ターゲットの高さと位置も、関節機構を有するアームを用いて、基準側面171を基準として様々に配置することができる。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の校正用被写体によれば、ステレオ撮影される測定対象物の表面形状を測定するための基準寸法を提供する校正用被写体であって、三次元測定の原点位置に相当する原点基準点ターゲットと、複数の撮影方向から撮影された各ステレオ画像に少なくとも6点含まれるように配置された基準ターゲットとを備えている。そして、原点基準点ターゲットを基準とする各基準ターゲットの位置が予め定められているので、測定対象物をステレオ撮影した画像であって且つ偏位修正処理されたステレオ画像から、測定対象物の表面形状が測定しやすくなる。

【0083】また、本発明の校正用被写体によれば、少なくとも2以上の片持ち式アームと、片持ち式アームの自由端側の位置を変更可能な状態で、片持ち式アームの固定側に設けられる関節部と、片持ち式アームの自由端側若しくは固定側に設けられる基準ターゲットを備えているので、基準ターゲットの位置を測定対象物の表面形状に近い位置に設定することができる。そこで、測定対象物とステレオ撮影部との位置決めは厳密に行われていなくても、測定対象物の近傍に基準ターゲットを配置することで、計測の安定と精度向上をはかることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態を説明する校正用被写体の構成斜視図である。

【図2】 校正用被写体に形成される基準点マークと側面基準ターゲットの説明図である。

【図3】 基準点マークの位置を記述する三次元座標系 $x y z$ の説明図である。

【図4】 校正用被写体を用いた測定対象物の表面形状測定装置の一例を示す構成ブロック図である。

【図5】 測定対象物と校正用被写体をステレオ撮影した一対の画像の説明図で、(A)は左撮影方向、(B)は右撮影方向を示している。

【図6】 図4の装置を用いた測定対象物の計測手順の全体を概括的に説明するフローチャートである。

【図7】 三次元計測処理を説明するフローチャートである。

【図8】 校正用被写体の第2の実施の形態を説明する構成斜視図である。

【図9】 図8の校正用被写体を用いた測定対象物の表面形状測定装置の一例を示す構成ブロック図である。

【図10】 第3の校正用被写体を用いた測定対象物の表面形状測定装置の一例を示す構成ブロック図である。

【図11】 図10の実施の形態に用いられる第4の校正用被写体を示す平面図である。

【図12】 屏風型校正用被写体を用いた測定対象物の画像を説明する図である。

【図13】 屏風型校正用被写体の等価フレーム体を説明する斜視図である。

【図14】 校正用被写体の第5の実施の形態を説明する図である。

【図15】 校正用被写体の第6の実施の形態を説明する図である。

【図16】 校正用被写体の第7の実施の形態を説明する図である。

る図である。

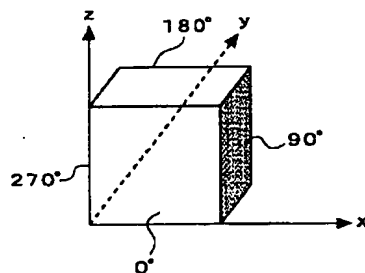
【図17】 校正用被写体の第8の実施の形態を説明する図である。

【図18】 校正用被写体の第9の実施の形態を説明する図である。

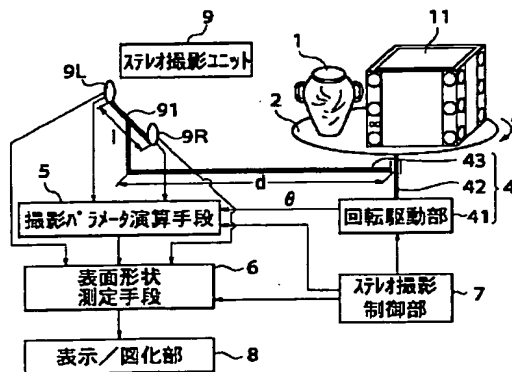
【符号の説明】

- 1 測定対象物
- 2 テーブル
- 4 相対位置変更部
- 5 撮影パラメータ演算手段
- 6 表面形状測定手段
- 8 表示／図化部
- 9 ステレオ撮影ユニット
- 11 校正用被写体
- 110 原点基準点マーク
- 111 基準側面
- 111 1 側面基準ターゲット
- 111 3 基準点マーク（基準ターゲット）
- 11E 立体型校正用被写体
- 11F 屏風型校正用被写体
- 12 フレーム型校正用被写体
- 13 奥行き一段型校正用被写体
- 14 奥行き二段型校正用被写体
- 15 アーム型校正用被写体
- 151 基準側面
- 152 フレームアーム部
- 153 基準ターゲット
- 155 骨格アーム部（片持ち式アーム）
- 156 先端基準ターゲット

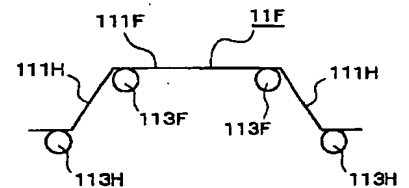
【図3】



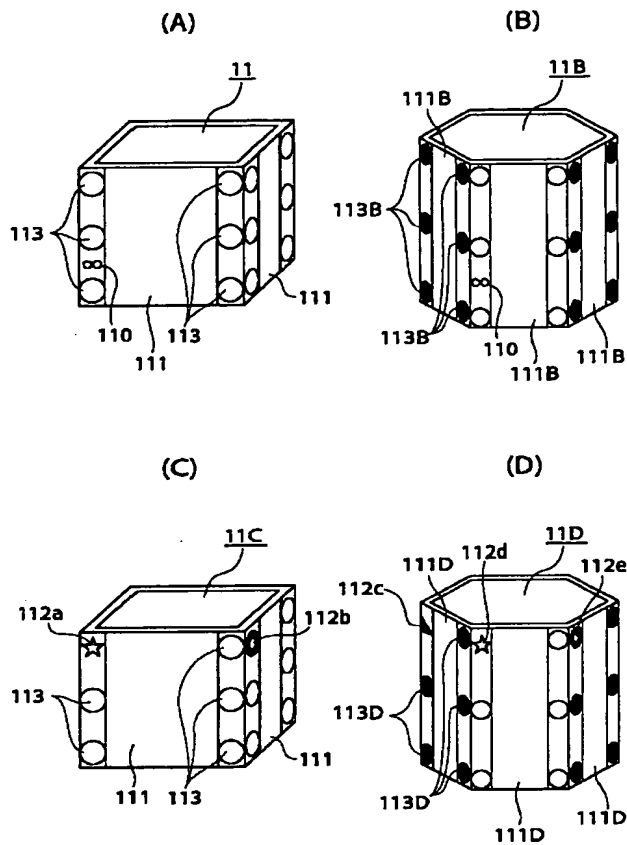
【図4】



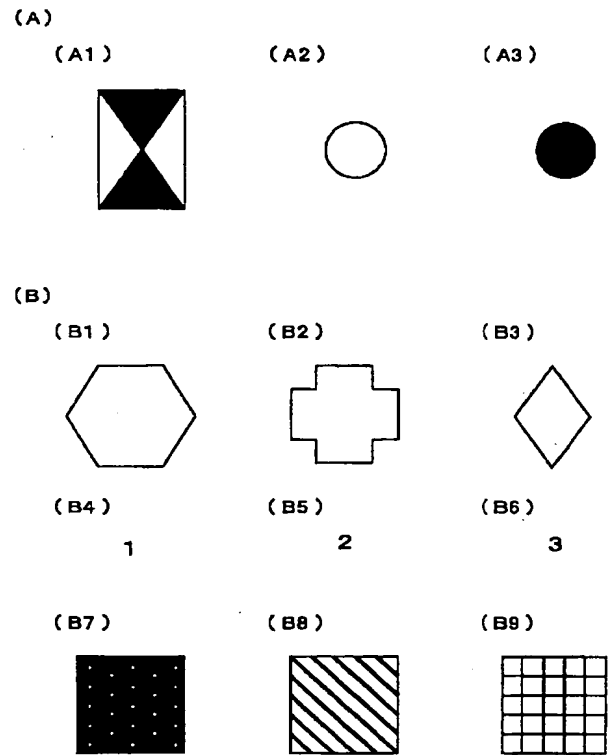
【図11】



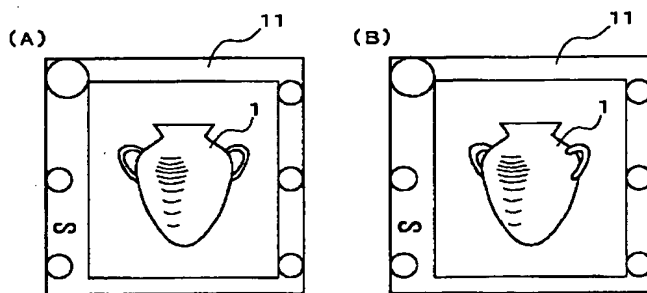
【図1】



【図2】

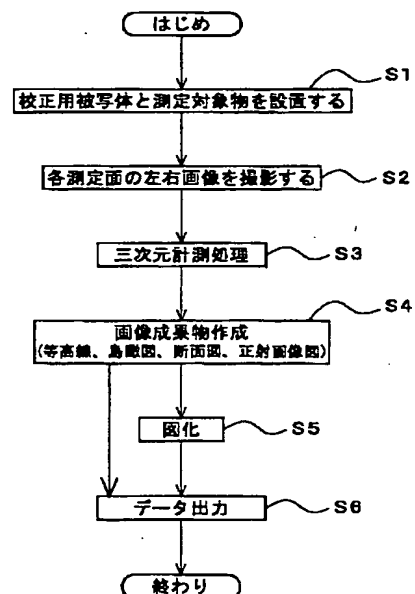


【図5】

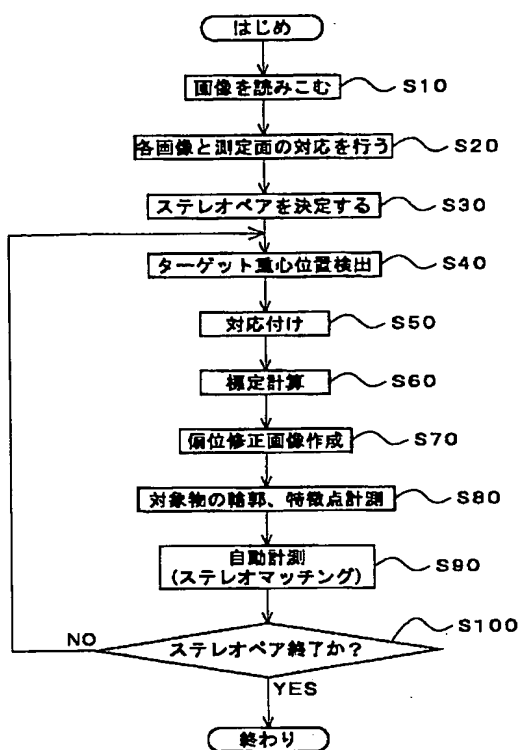


【図6】

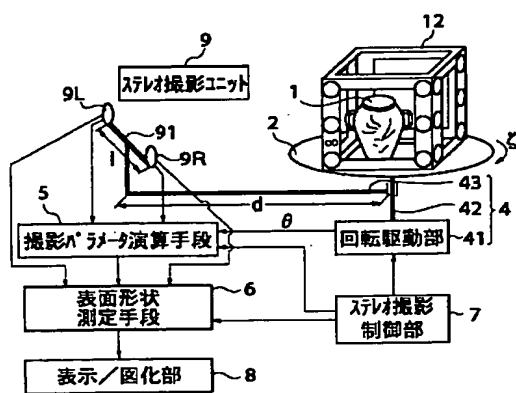
計測手順フロー



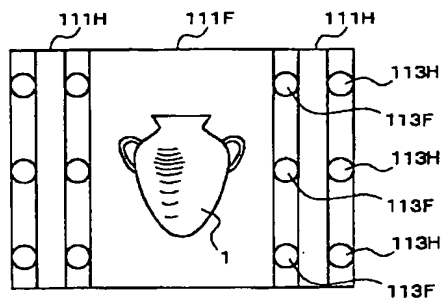
【図 7】



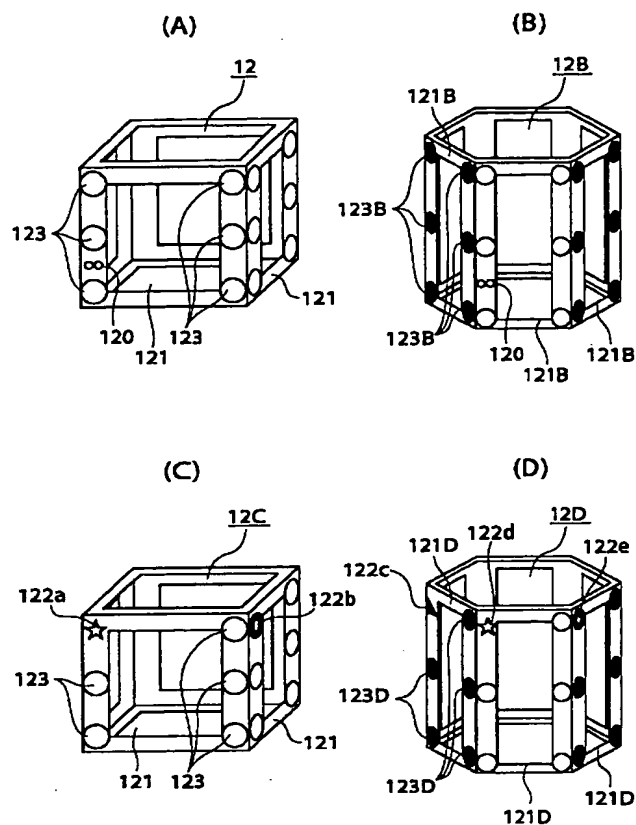
【図 9】



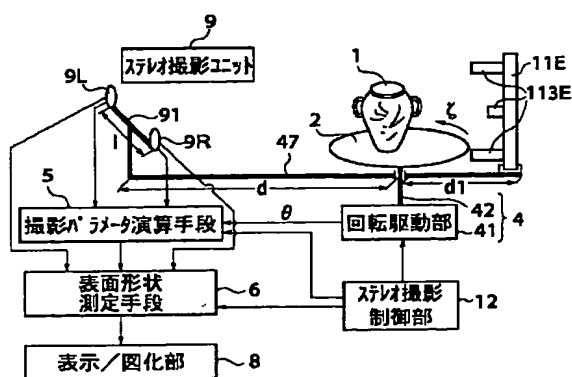
【図 12】



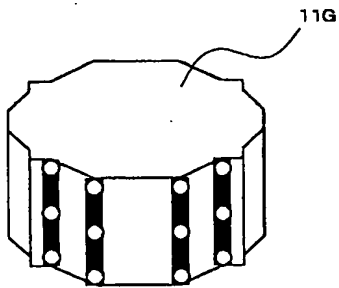
【図 8】



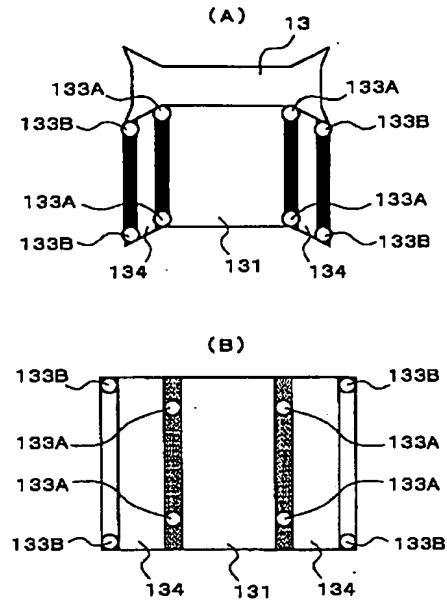
【図 10】



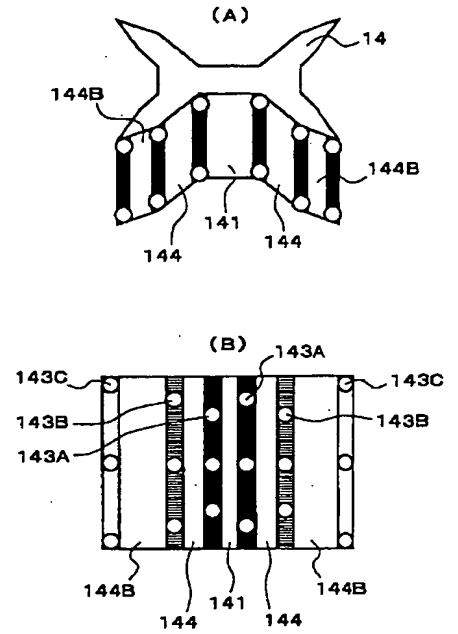
【図13】



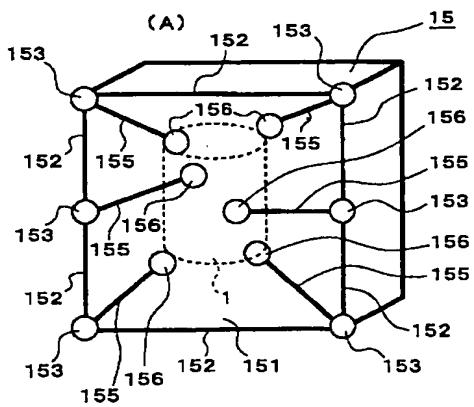
【図14】



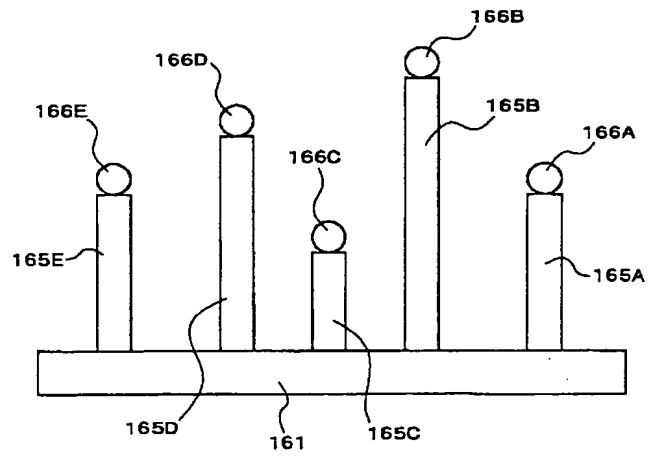
【図15】



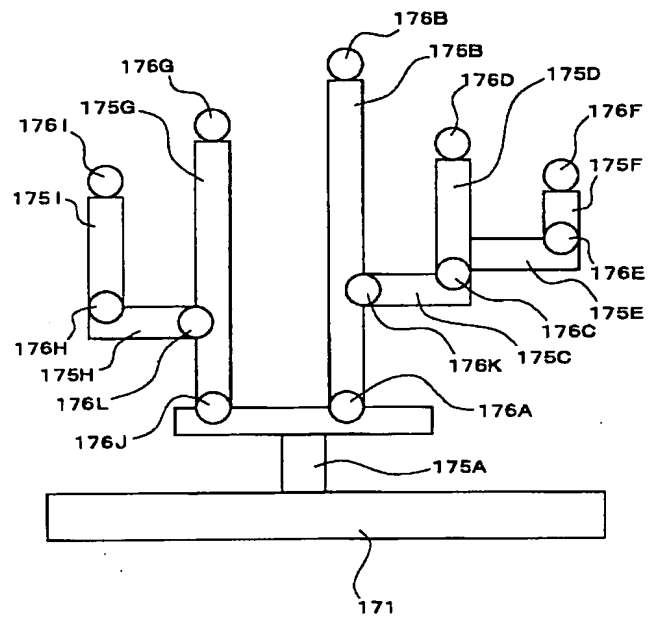
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA31 AA53 BB05 CC00
CC11 CC14 CC16 FF04 FF05
JJ03 JJ26 MM04 PP13 QQ03
QQ24 QQ31 QQ38 QQ42